

## 6. Análisis de los episodios seleccionados.

Se realiza en este capítulo el análisis automático de los sistemas nubosos, de sus núcleos y de sus zonas de influencia a través del análisis de las temperaturas aparentes, en los canales IR y WV, para los píxeles sobre los observatorios de correlación.

También se muestran las ecuaciones de regresión resultantes para la predicción de lluvia a una y dos horas vista con relación a los parámetros sinópticos y de imagen obtenidos.

A continuación se hace el análisis de los episodios escogidos, entre los cuales los hay que han generado lluvia intensa, otros con lluvia moderada y otros sin lluvia, con objeto de establecer el conjunto de parámetros sinópticos y de imagen más adecuado para realizar las predicciones de lluvia que se plantean en los objetivos generales, es decir, una predicción con 3h de antelación y un seguimiento y localización de las lluvias intensas para los casos en que la predicción es favorable a la aparición de las mismas.

### 6.1 Análisis de las zonas de influencia y núcleos de los sistemas nubosos

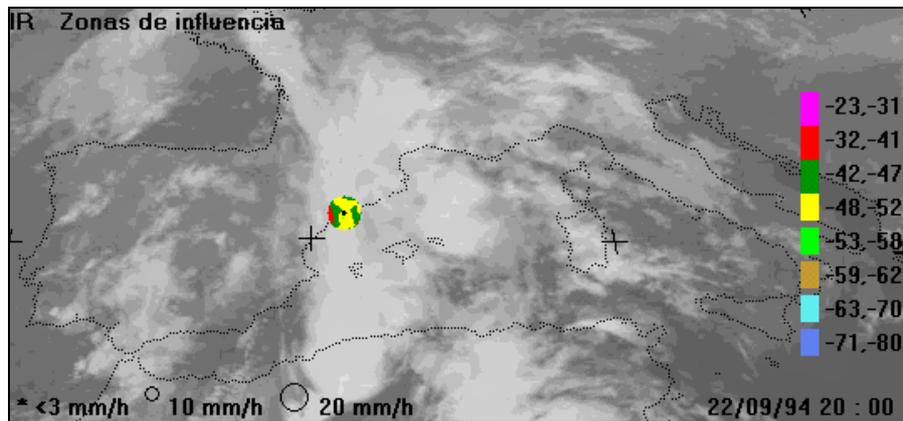
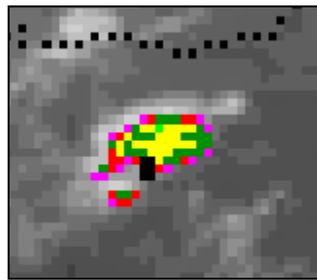
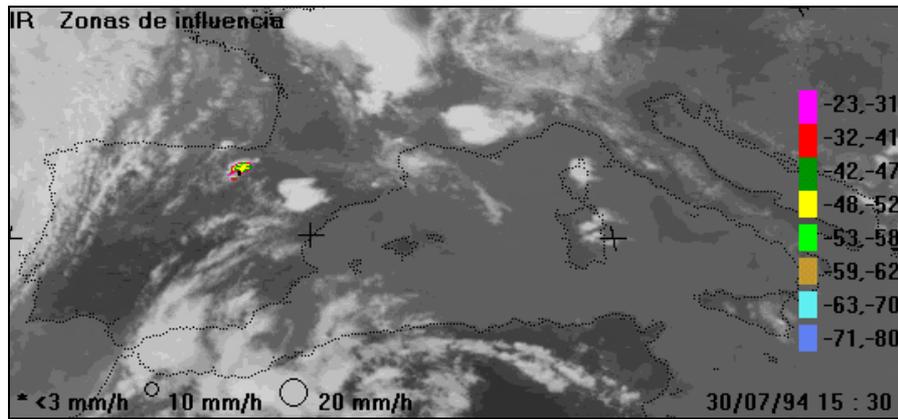
Para el análisis de las zonas de influencia alrededor del observatorio, tal como han sido definidas en 3.2.1, los intervalos de temperatura que se han tomado se muestran en la tabla 6.1.

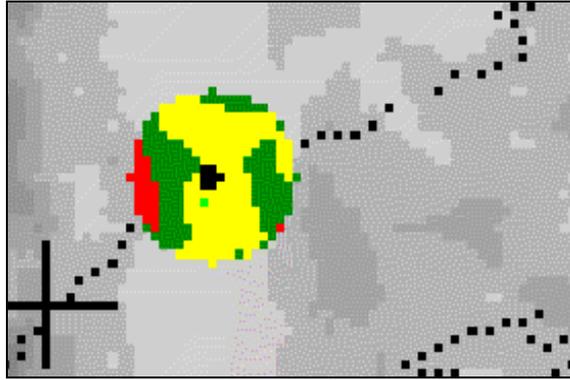
**Tabla 6.1.-** Intervalos de temperaturas usados para determinar las zonas de influencia.

Intervalo N	Temperaturas extremas (°C)
1	[-31, -23]
2	[-41, -32]
3	[-47, -42]
4	[-52, -48]
5	[-58, -53]
6	[-62, -59]

7	[-70, -63]
8	[-80, -71]

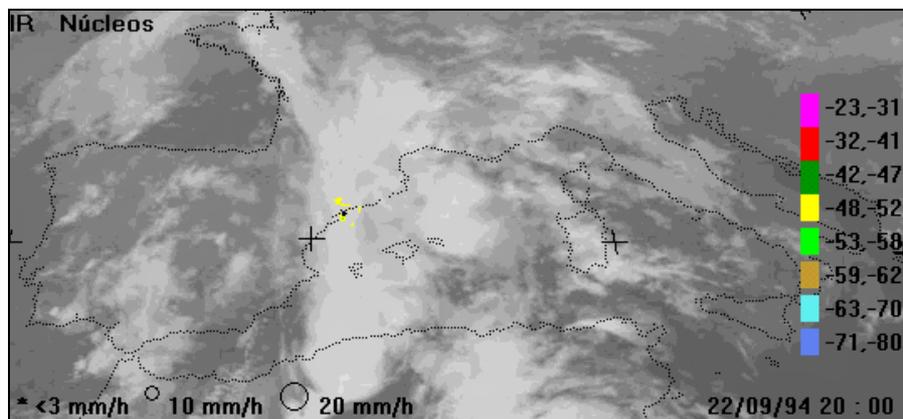
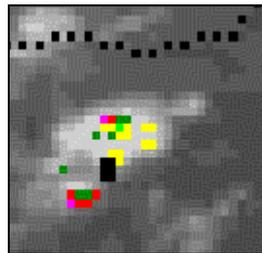
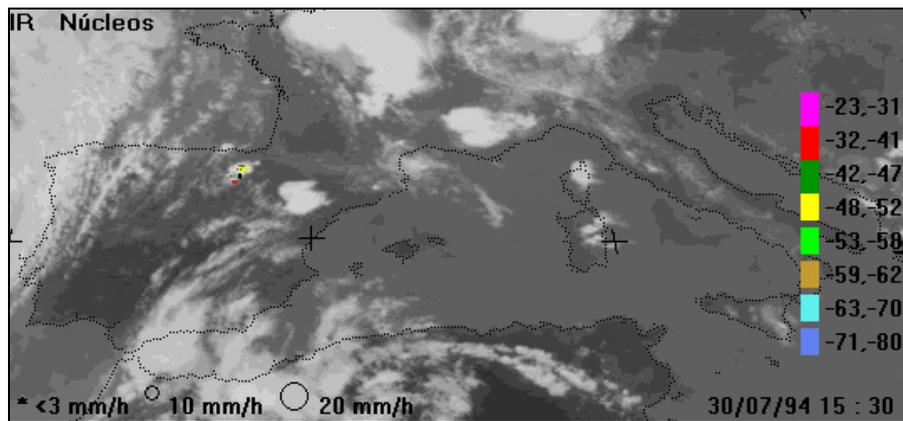
En la figura 6.1 se muestran algunos ejemplos de aplicación del procedimiento de búsqueda de las zonas de influencia.

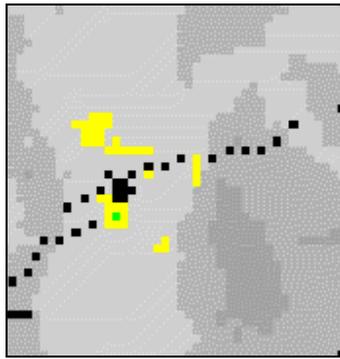




**Figura 6.1.-** Zonas de influencia del sistema nuboso alrededor del observatorio de correlación.

En cuanto a los núcleos, se han calculado los máximos de intensidad (mínimos de temperatura) relativos alrededor del observatorio en un círculo de radio 10 píxeles. En la figura 6.2 se muestran las imágenes anteriores con los núcleos localizados.





**Figura 6.2.-** Núcleos del sistema nuboso alrededor del observatorio de correlación.

## 6.2 Estadística para la predicción de lluvia a 1h y a 2h vista

Una vez definido el procedimiento para identificar las zonas de influencia y los núcleos del sistema nuboso alrededor del observatorio, se realiza una estadística de la lluvia caída en una y en dos horas y se relaciona con los diversos parámetros de imagen y sinópticos obtenidos para todas las observaciones disponibles. La tabla 6.2 muestra las correlaciones bivariadas más significativas obtenidas para los parámetros que se calculan, recogidos en la tabla 6.3. La etiqueta es el nombre que se asigna al parámetro, la cual se inscribe en los gráficos correspondientes.

**Tabla 6.2.-** Correlaciones bivariadas más significativas.

Variable x	Variable y	Coef. de Correlación (Pearson)	Nº de casos
<b>Efecto temporal</b>			
T media últimas 3h	T -1h (IR)	0,902	2111
T media últimas 3h	T -0.5h (IR)	0,834	2166
T -1h (IR)	T -0.5h (IR)	0,877	2130
T -0.5h (IR)	Inc. T hora anterior (IR)	0,229	2130
<b>Efecto espacial</b>			
T media últimas 3h	T media alrededor (3x3pix) últimas 3h	0,999	2243
T -0.5h (IR)	T Media Núcleos - 0.5h (IR)	0,902	2194
<b>Áreas ocupadas por los intervalos de temperatura</b>			
Area1 (-0.5 h)	Area1 (-1 h)	0,766	2130
Area2 (-0.5 h)	Area2 (-1 h)	0,840	2130
Area3 (-0.5 h)	Area3 (-1 h)	0,864	2130
Area4 (-0.5 h)	Area4 (-1 h)	0,852	2130

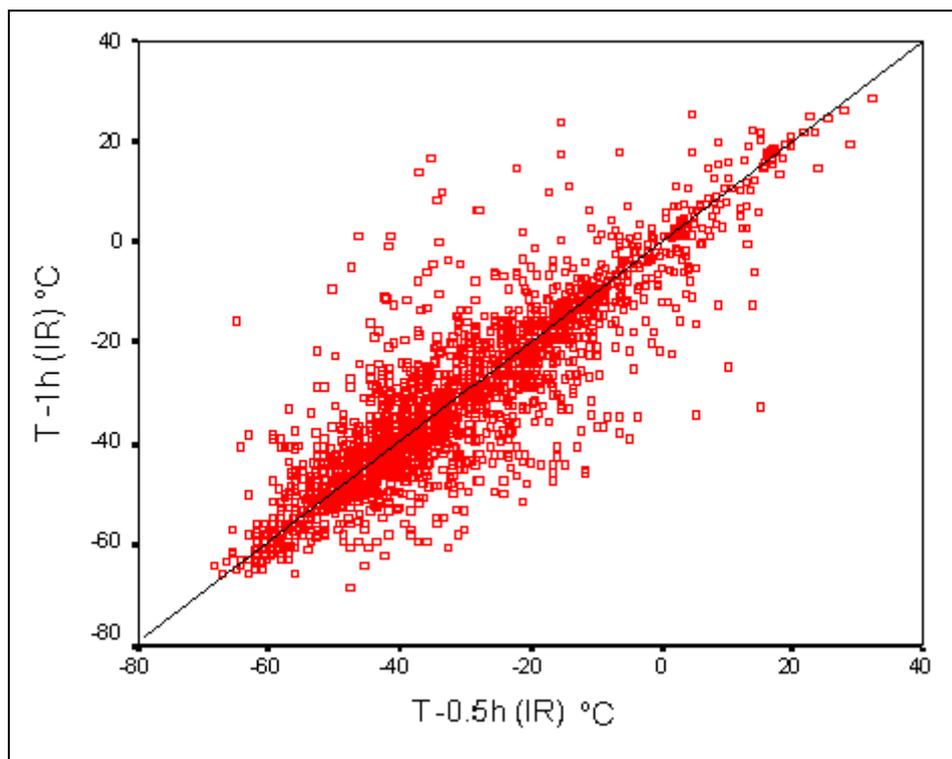
Area5 (-0.5 h)	Area5 (-1 h)	0,900	2130
Area6 (-0.5 h)	Area6 (-1 h)	0,884	2130
Area7 (-0.5 h)	Area7 (-1 h)	0,914	2130
Area8 (-0.5 h)	Area8 (-1 h)	0,860	2130
<b>Canales del satélite</b>			
T -0.5h (IR)	T -0.5h (WV)	0,746	1443

**Tabla 6.3.-** Parámetros de imagen y sinópticos utilizados en las correlaciones.

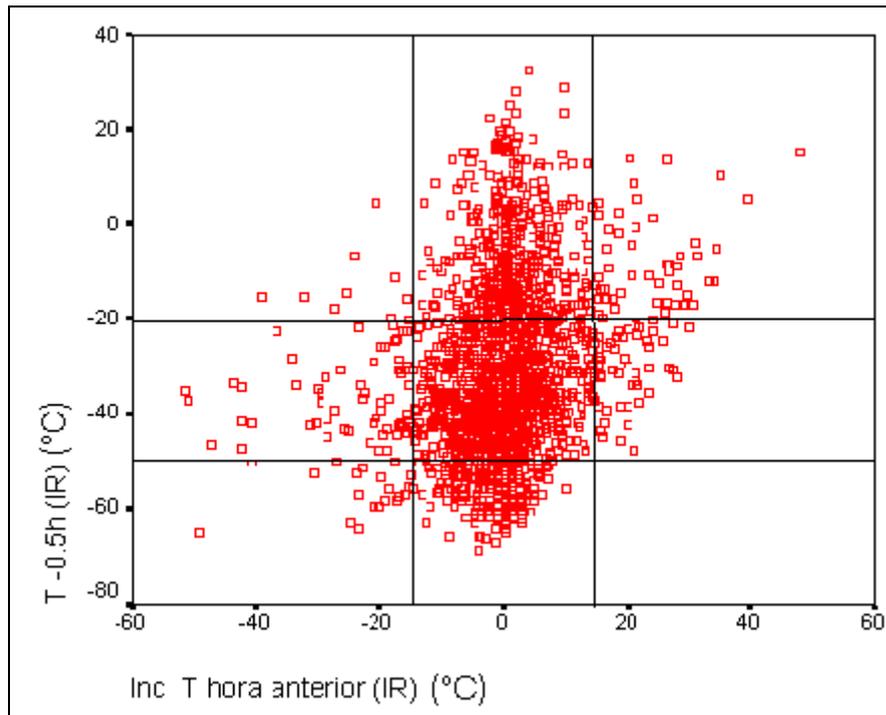
<b>Parámetro</b>	<b>Etiqueta</b>
<b>Canal IR</b>	
Temperatura del observatorio una hora antes de la lluvia	T -1h (IR)
Temperatura del observatorio media hora antes de la lluvia	T -0.5h (IR)
Temperatura del observatorio durante la lluvia	T (IR)
Incremento de la temperatura del observatorio durante la hora anterior a la lluvia	Inc. T hora anterior (IR)
Temperatura media de los núcleos media hora antes de la lluvia	T Media Núcleos -0.5h (IR)
Incremento de la temperatura media de los núcleos durante la hora anterior a la lluvia	Inc. T media núcleos hora anterior
Temperatura mínima alrededor del observatorio media hora antes de la lluvia	Tmínima -0.5h (IR)
Incremento de la temperatura mínima alrededor del observatorio durante la hora anterior a la lluvia	Inc T mínima hora anterior (IR)
Area de los núcleos media hora antes de la lluvia	Area núcleos -0.5h
Incremento de área de los núcleos durante la hora anterior a la lluvia	Inc. Área núcleos hora anterior
Area del núcleo más frío media hora antes de la lluvia	Area núcleo más frío -0.5h
Incremento de área del núcleo más frío durante la hora anterior a la lluvia	Inc. Área núcleo más frío hora anterior
Distancia media de los núcleos al observatorio media hora antes de la lluvia	Distancia media núcleos -0.5h
Incremento de distancia media de los núcleos al observatorio durante la hora anterior a la lluvia	Inc. Distancia núcleos hora anterior
Distancia del núcleo más frío al observatorio media hora antes de la lluvia	Distancia núcleo más frío -0.5h
Incremento de distancia del núcleo más frío al observatorio durante la hora anterior a la lluvia	Inc. Distancia núcleo más frío hora anterior
Temperatura media del observatorio durante las tres horas anteriores a la lluvia	T media últimas 3 horas
Temperatura media alrededor del observatorio (3x3 pix) de las tres horas anteriores a la lluvia	T media alrededor (3x3pix) últimas 3 horas
Area del intervalo de temperaturas media hora antes de la lluvia	AreaN (-0.5h) N=1,...,8
Area del intervalo de temperaturas 1 hora antes de la lluvia	AreaN (-1h) N=1,...,8
Distancia media del intervalo N de temperaturas al observatorio media hora antes de la lluvia	DistanciaN (-0.5h) N=1,...,8
Distancia media del intervalo N de temperaturas al observatorio 1 hora antes de la lluvia	DistanciaN (-1h) N=1,...,8
<b>Canal WV</b>	
Temperatura del observatorio media hora antes de la lluvia	T -0.5h (WV)
Temperatura del observatorio durante la lluvia	T (WV)
<b>Parámetros sinópticos</b>	
Masa de agua precipitable	PW
Humedad relativa	HR

En el cálculo de las correlaciones, para los valores de las 3 últimas horas se han tomado los promedios independientemente de la cantidad de imágenes disponibles en cada caso (en algunas ocasiones no se ha podido disponer de todas las imágenes correspondientes a las tres últimas horas); por ello los promedios son poco significativos.

En lo que se refiere al efecto temporal, la correlación entre la temperatura del observatorio media hora antes de la lluvia y una hora antes es alta, tal como se ha mostrado en la tabla 6.2; en la figura 6.3 se muestra el diagrama de dispersión. Se observa, además, en la figura 6.4 que las temperaturas en el canal IR experimentan, en la mayoría de casos, variaciones que oscilan entre  $0^{\circ}\text{C}$  y  $\pm 15^{\circ}\text{C}$  en media hora, para temperaturas entre  $-20^{\circ}\text{C}$  y  $-50^{\circ}\text{C}$ .



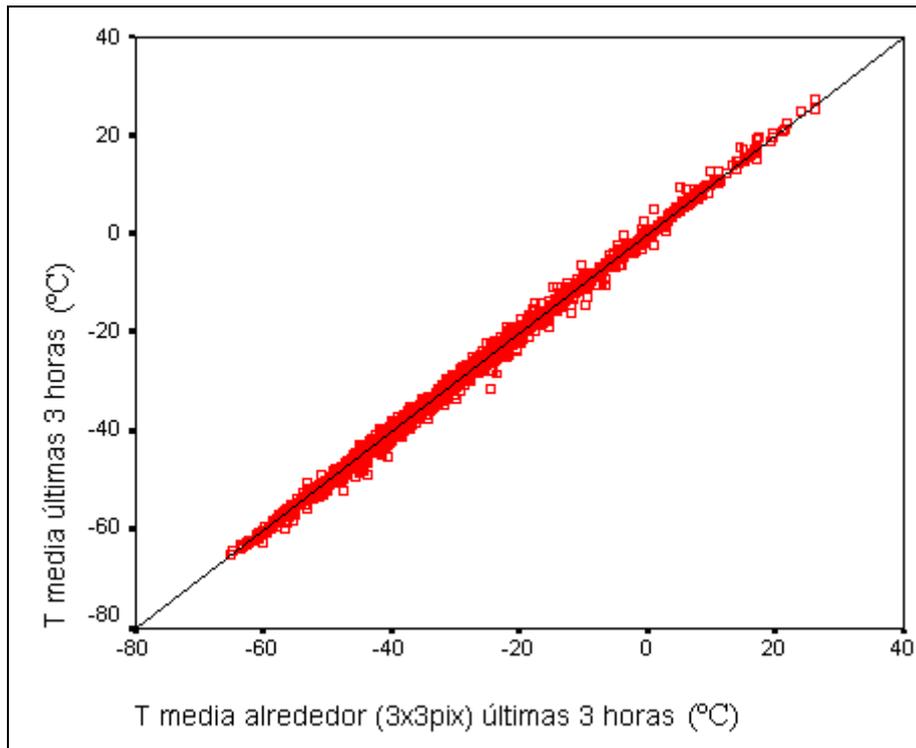
**Figura 6.3.-** T (IR) 1h antes de la lluvia - 1/2 h antes de la lluvia.



**Figura 6.4.-** T(IR) 1/2h antes de la lluvia - Incremento de T (IR) durante la hora anterior a la lluvia.

La correlación entre la temperatura media hora antes y el incremento de temperatura la hora anterior a la lluvia es baja, lo cual, está provocado por variaciones muy altas en algunos casos. Se han observado, como se verá más tarde, bastantes casos con variaciones altas de la temperatura; sobretodo enfriamientos y con lluvias importantes, aunque también se ha observado, por el contrario, que se producen lluvias importantes con valores muy pequeños en la variación de la temperatura.

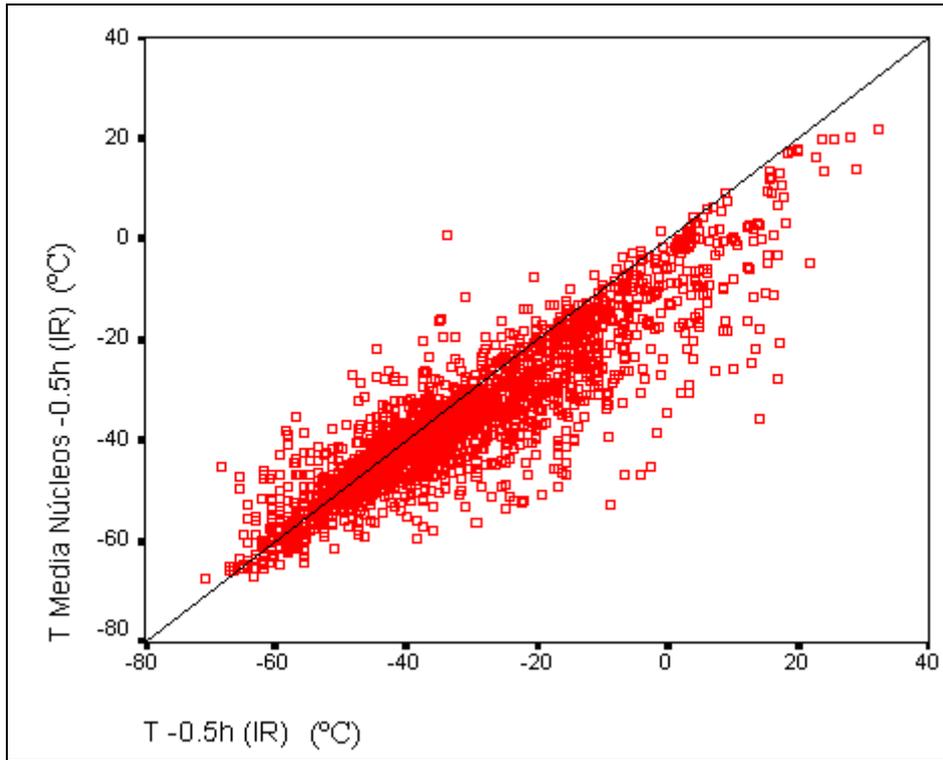
Por lo que respecta al efecto espacial, es muy alta la correlación entre la temperatura media del observatorio 3h antes de la lluvia y la temperatura promediada en las 3h y en un entorno de 3x3 pixeles alrededor del mismo. Se obtienen, como se observa en la figura 6.5, valores muy similares de las dos magnitudes, lo cual indica que existe poca variabilidad espacial en un entorno de 3x3 pixeles.



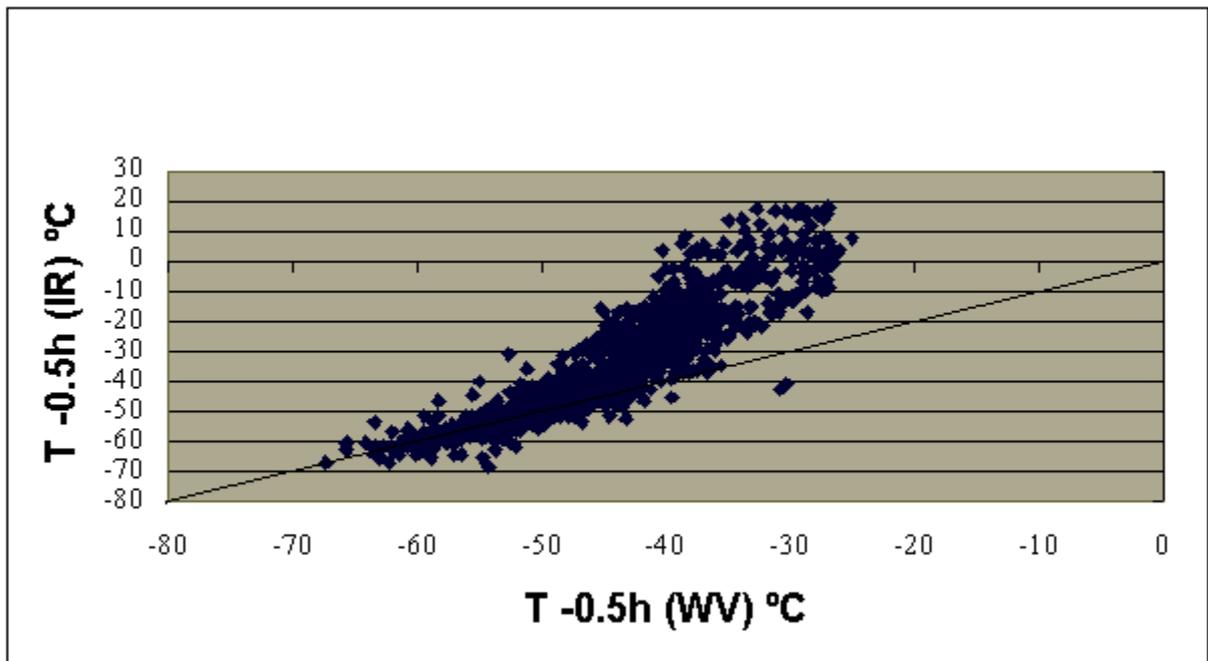
**Figura 6.5.-** T (IR) media sobre el observatorio durante las 3 últimas horas - T (IR) media de un entorno de 3x3 pixeles alrededor del observatorio durante las 3 últimas horas.

En cuanto a la distribución de núcleos alrededor del observatorio, se ha obtenido un coeficiente de correlación muy alto (0.902) entre la temperatura del observatorio y la temperatura media de los núcleos media hora antes de la lluvia en un círculo de radio 10 pixeles. Se observa en la figura 6.6 que los núcleos más fríos llegan a tener temperaturas medias alrededor de -60,-70°C

La relación entre los canales IR y WV se muestra en la figura 6.7. Como se observa, para temperaturas IR inferiores aproximadamente a -40°C hay gran cantidad de puntos en los que la temperatura en el canal WV es superior a la del canal IR, ello indica, como se verá en la sección 6.4, que tales puntos corresponden a pixeles de zonas en las que el sistema nuboso ha entrado en la estratosfera ("overshooting").



**Figura 6.6.-** T (IR) media de los núcleos 1/2h antes de la lluvia - T (IR) sobre el observatorio 1/2h antes de la lluvia.

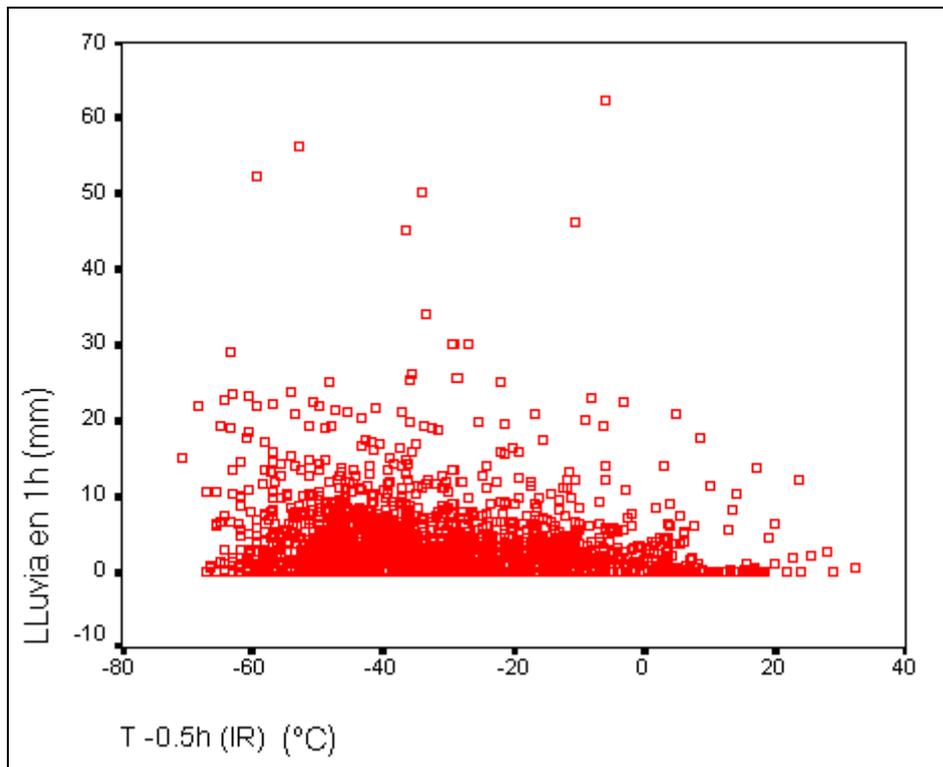


**Figura 6.7.-** T (IR) - T (WV) sobre el observatorio 1/2h antes de la lluvia.

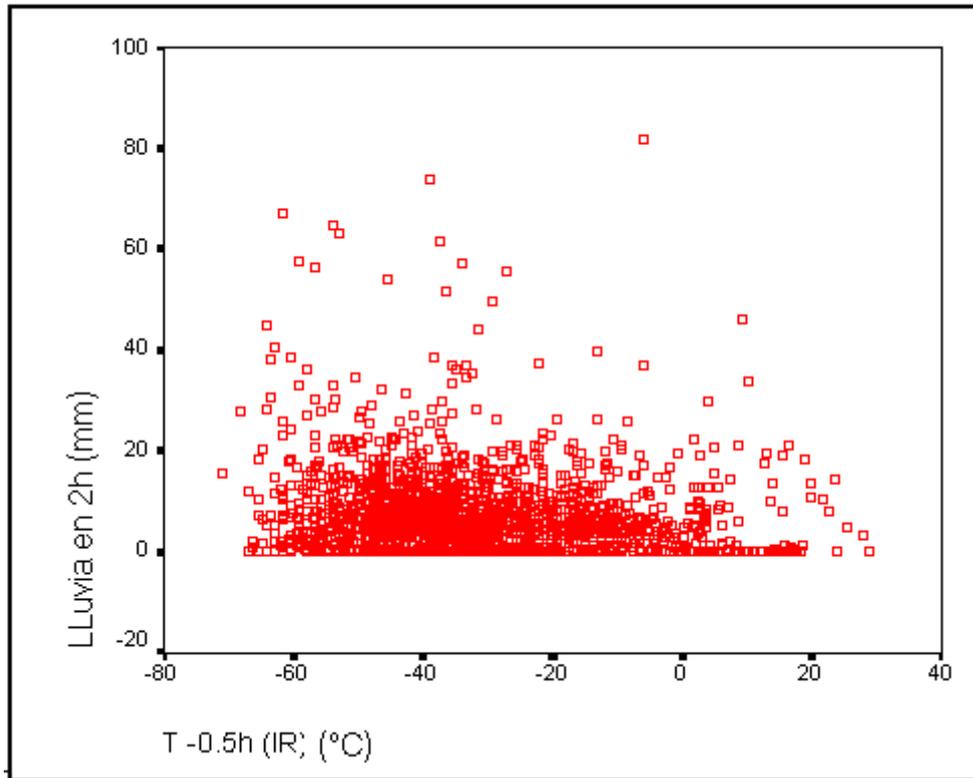
A continuación se analiza la relación de la lluvia caída en una y en dos horas con los parámetros de imagen calculados durante la lluvia y media hora antes de que

ésta se produzca, como se puede apreciar en las figuras 6.8, 6.9, 6.10, 6.11 y 6.12, no se observa ninguna relación significativa.

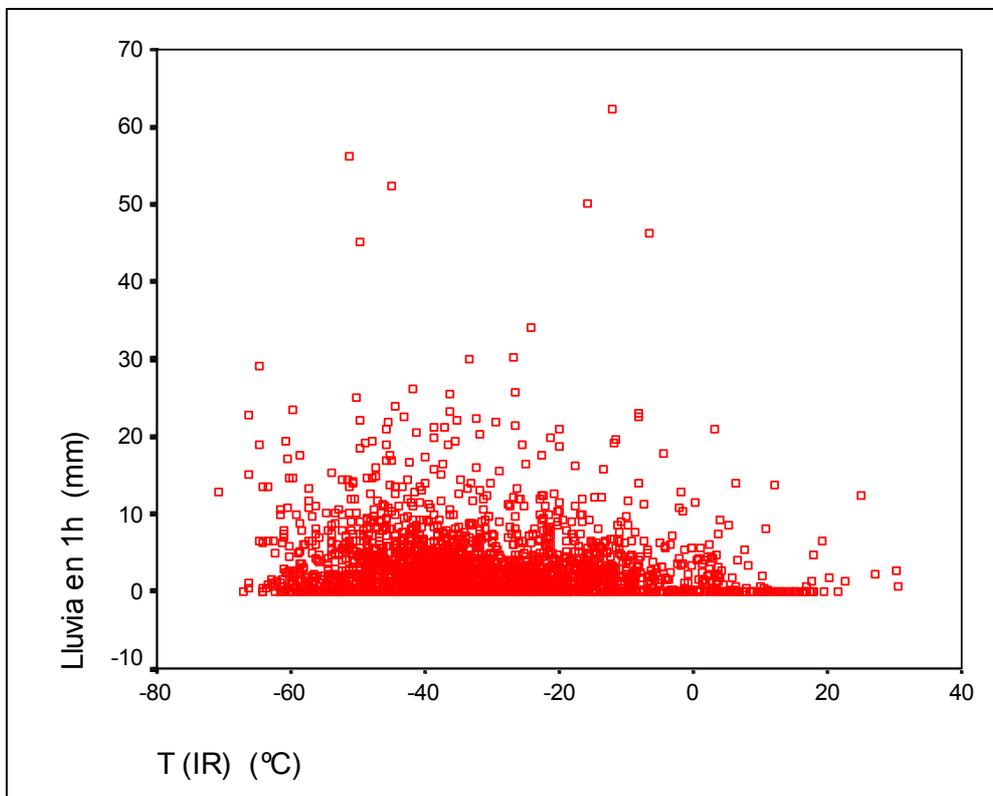
Si nos fijamos en las variaciones de la temperatura del observatorio, se observa que las lluvias superiores a 10mm/1h y 20mm/2h se producen principalmente con variaciones muy pequeñas y, en menor medida, con enfriamientos (figuras 6.11 y 6.12).



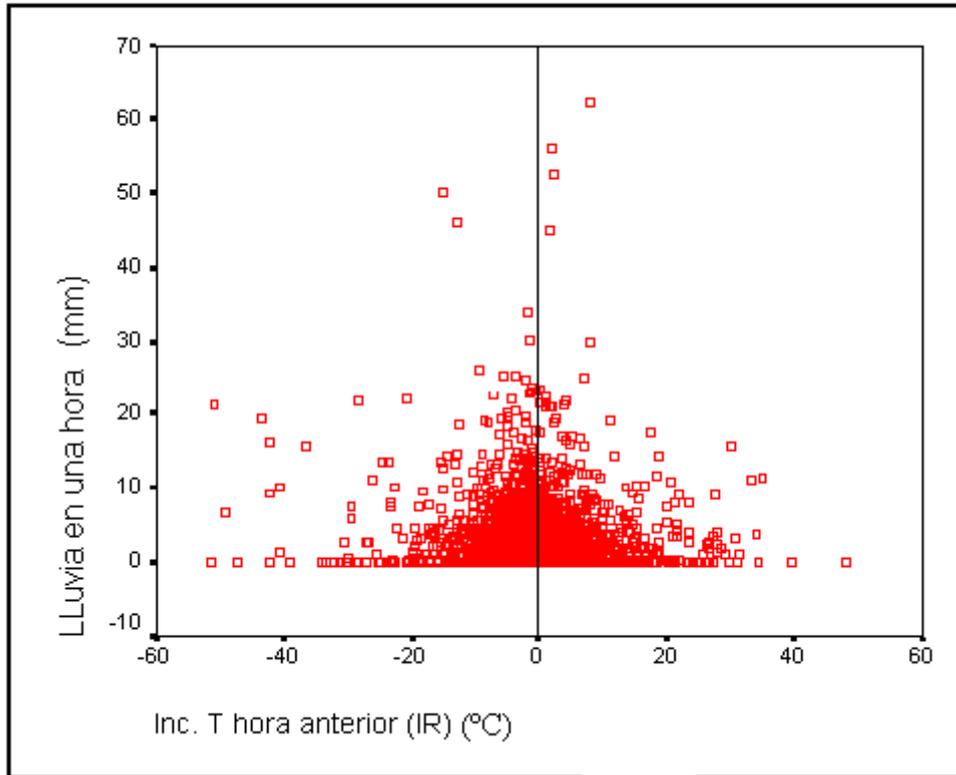
**Figura 6.8.-** Lluvia en 1h-T (IR) sobre el observatorio 1/2h antes de la lluvia.



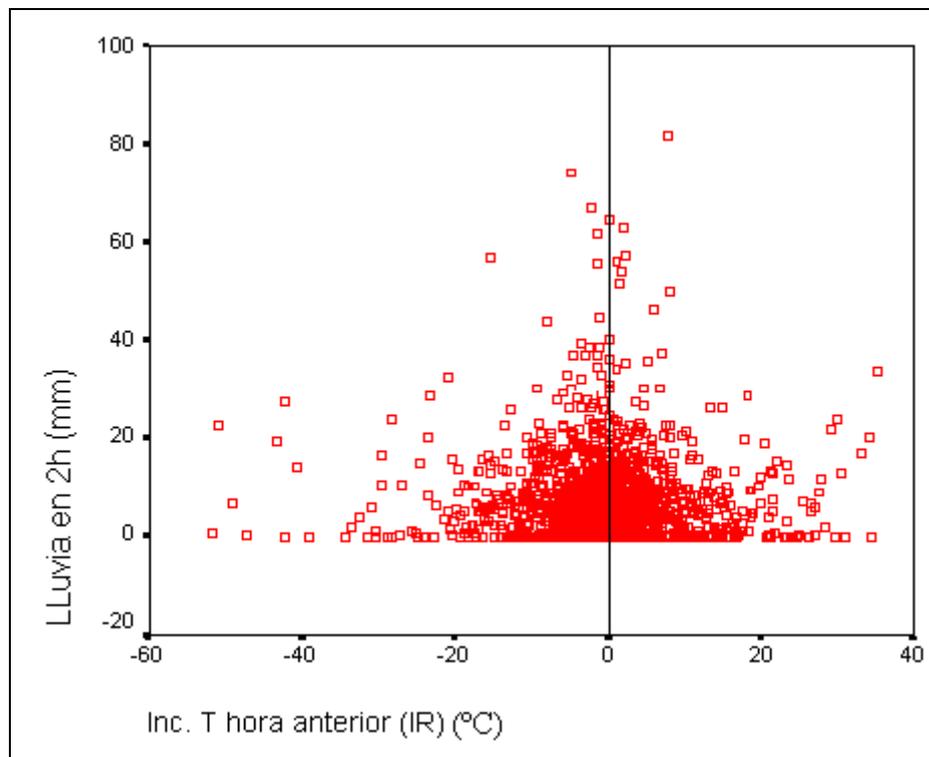
**Figura 6.9.-** Lluvia en 2h - T (IR) sobre el observatorio 1/2h antes de la lluvia.



**Figura 6.10.-** Lluvia en 1h - T (IR) sobre el observatorio durante la lluvia.



**Figura 6.11.-** Lluvia en 1h - Incremento de T (IR) en la hora anterior a la lluvia.

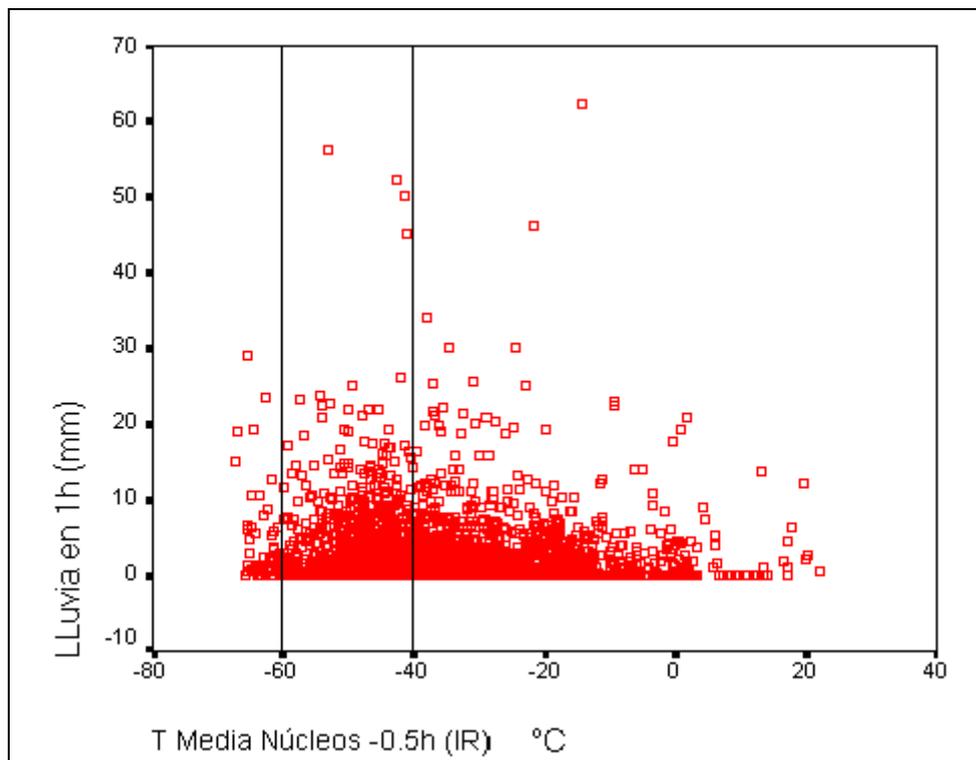


**Figura 6.12.-** Lluvia en 2h - Incremento de T (IR) durante la hora anterior a la lluvia.

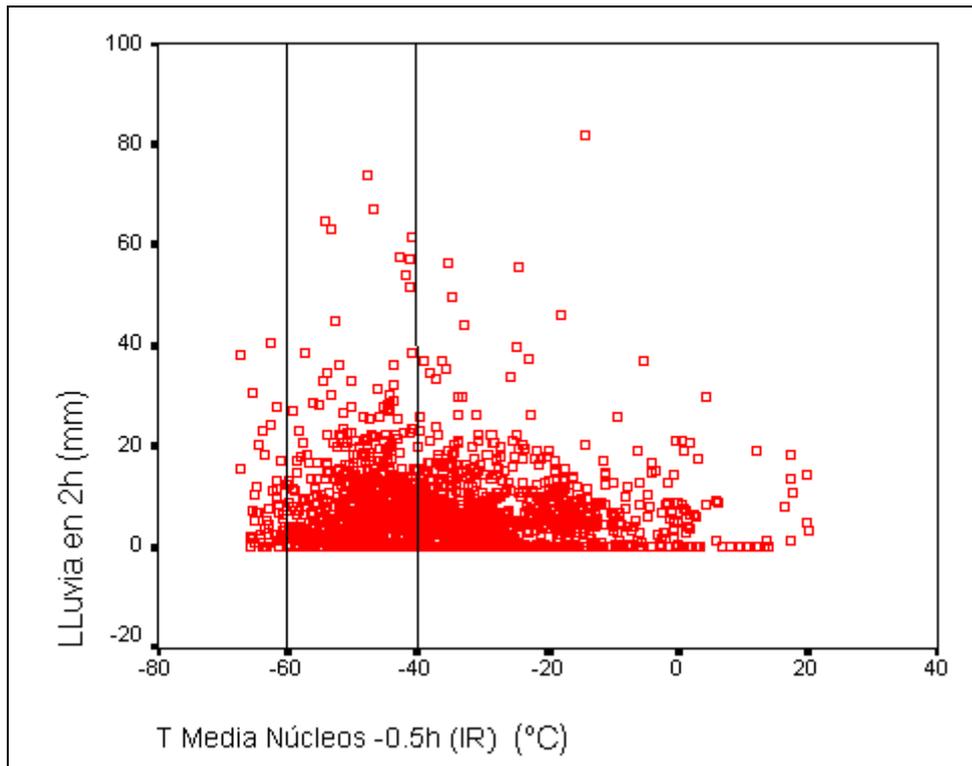
Se observa también que en la predicción de lluvias superiores a 10mm en la próxima hora, son más significativas las temperaturas de los núcleos situados alrededor del observatorio que la del propio observatorio. Igual ocurre para lluvias superiores a 20mm en dos horas. Las temperaturas de los núcleos para estos valores de las lluvias oscilan principalmente entre  $-40^{\circ}\text{C}$  y  $-60^{\circ}\text{C}$  (figuras 6.13 y 6.14).

Por otra parte, en las figuras 6.15 y 6.16 se observa que las lluvias horarias superiores a 10mm/h y las superiores a 20mm/2h se producen principalmente con núcleos situados a distancias entre 5 y 8 pixeles (25-40km) del observatorio 1/2h o 1h antes del inicio de la lluvia (recuérdese que no se sabe exactamente cuando llovió dentro de la hora del registro).

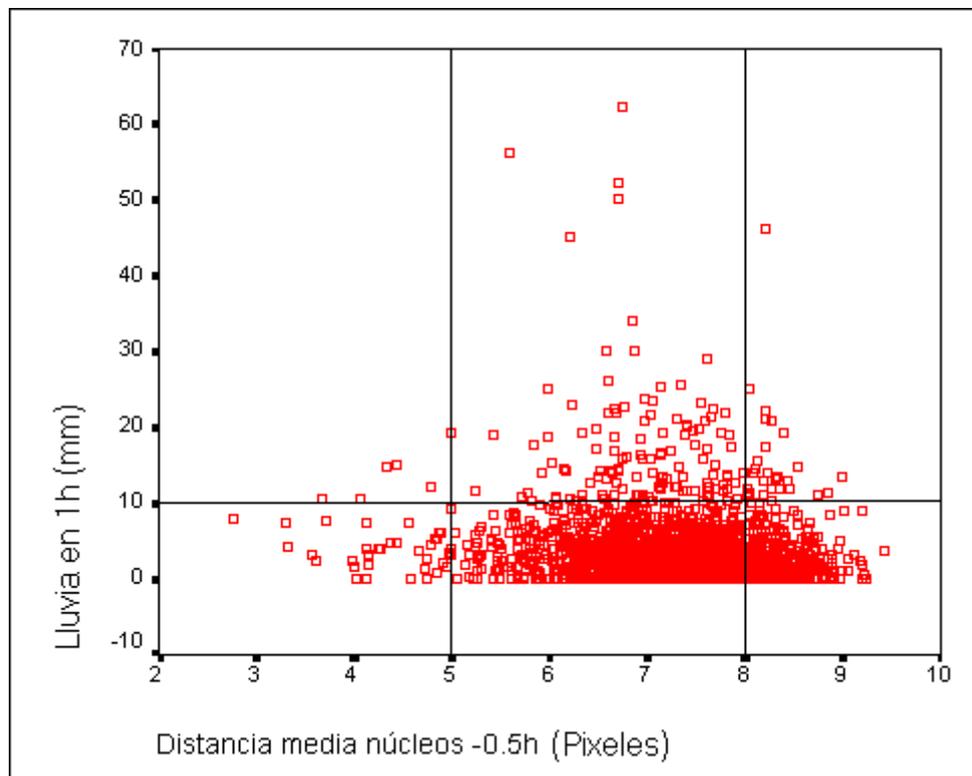
Se observa también que las lluvias altas, a partir de 20mm/1h aproximadamente, se producen con núcleos con temperaturas mínimas entre  $-40^{\circ}\text{C}$  y  $-75^{\circ}\text{C}$ , situados alrededor del observatorio media hora antes de la lluvia (figura 6.17).



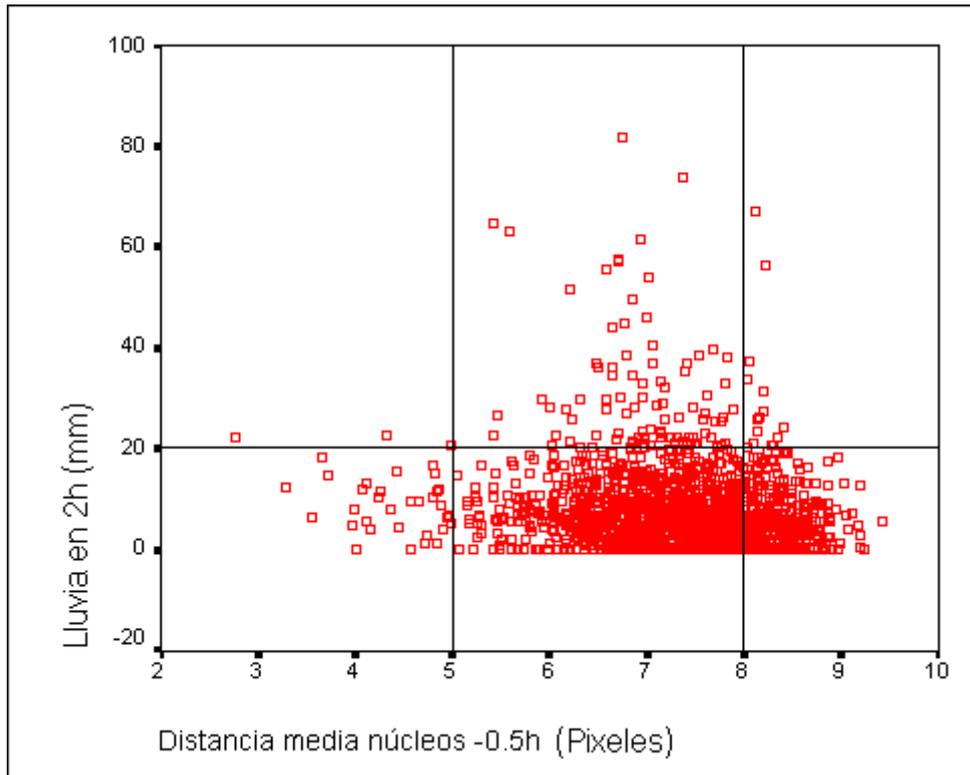
**Figura 6.13.-** Lluvia en 1h - T (IR) media de los núcleos 1/2h antes de la lluvia.



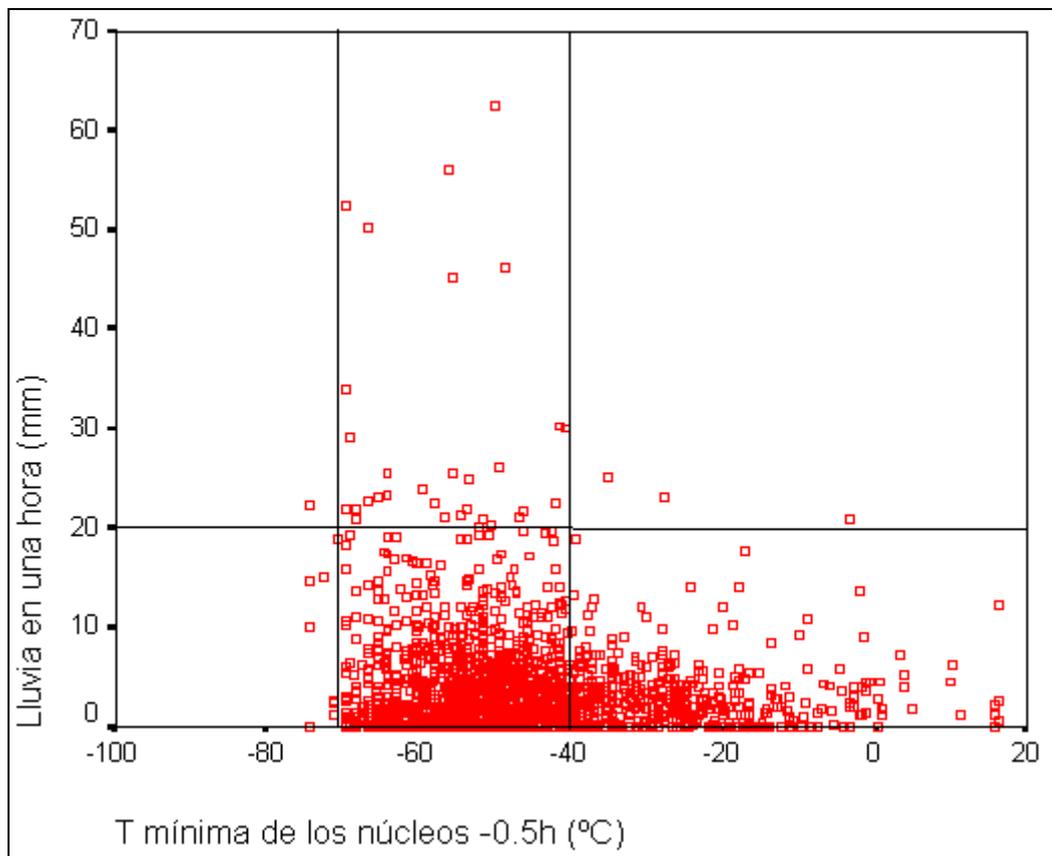
**Figura 6.14.-** Lluvia en 2h - T (IR) media de los núcleos 1/2h antes de la lluvia.



**Figura 6.15.-** Lluvia en 1h - Distancia media de los núcleos 1/2h antes de la lluvia.



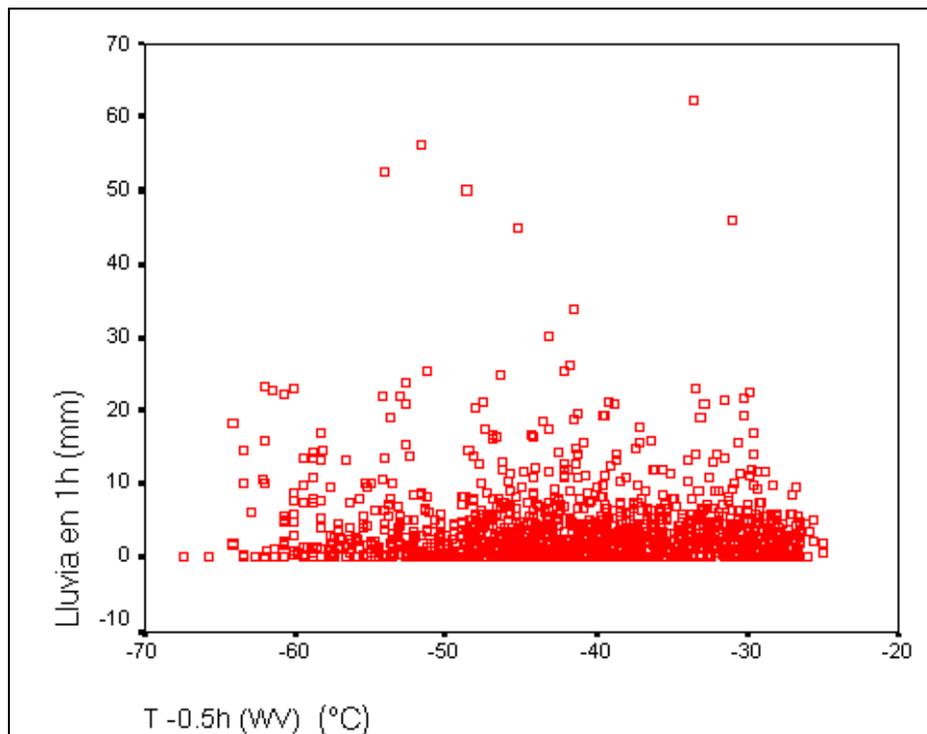
**Figura 6.16.-** Lluvia en 2h - Distancia media de los núcleos 1/2h antes de la lluvia.



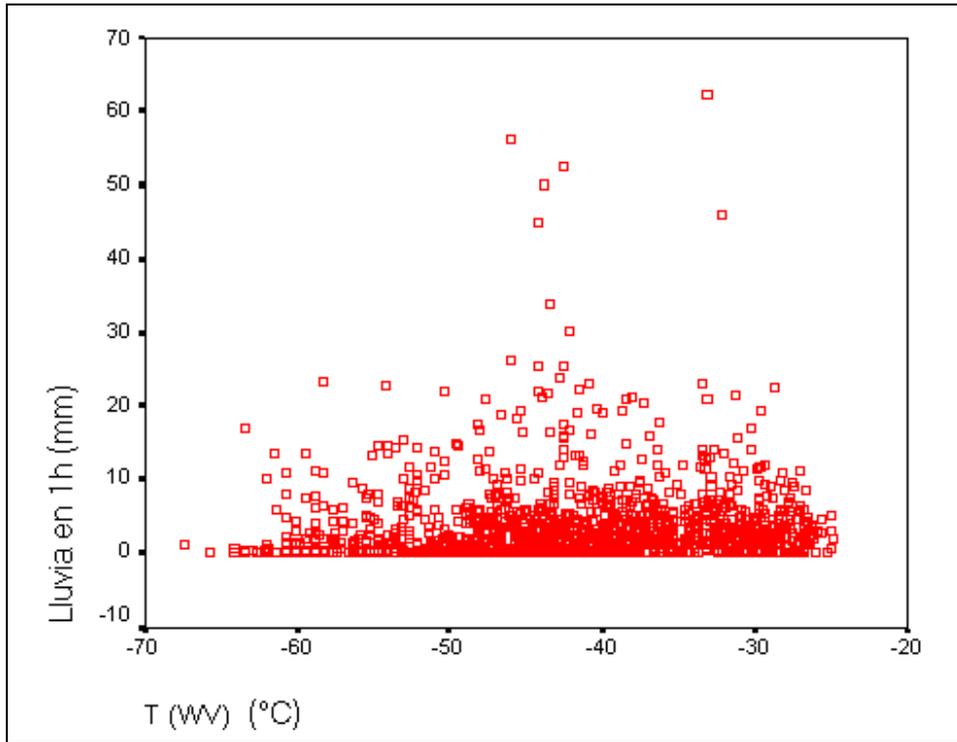
**Figura 6.17.-** Lluvia en 1h - T (IR) mínima de los núcleos 1/2h antes de la lluvia.

No se observa ninguna relación entre la lluvia caída en una hora y la temperatura en el canal WV, ni media hora antes de la lluvia (figura 6.18), ni durante la lluvia (figura 6.19).

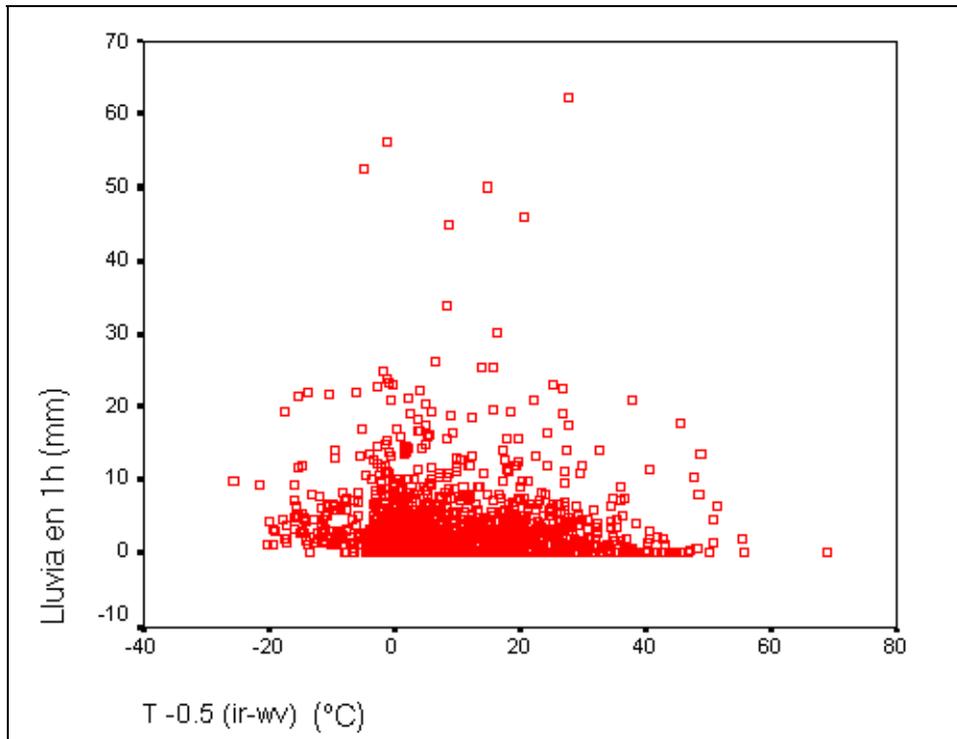
Tampoco se observa relación entre la lluvia caída en 1h y la diferencia de temperaturas entre los canales IR y WV, ni media hora antes de la lluvia (figura 6.20), ni durante la lluvia (figura 6.21).



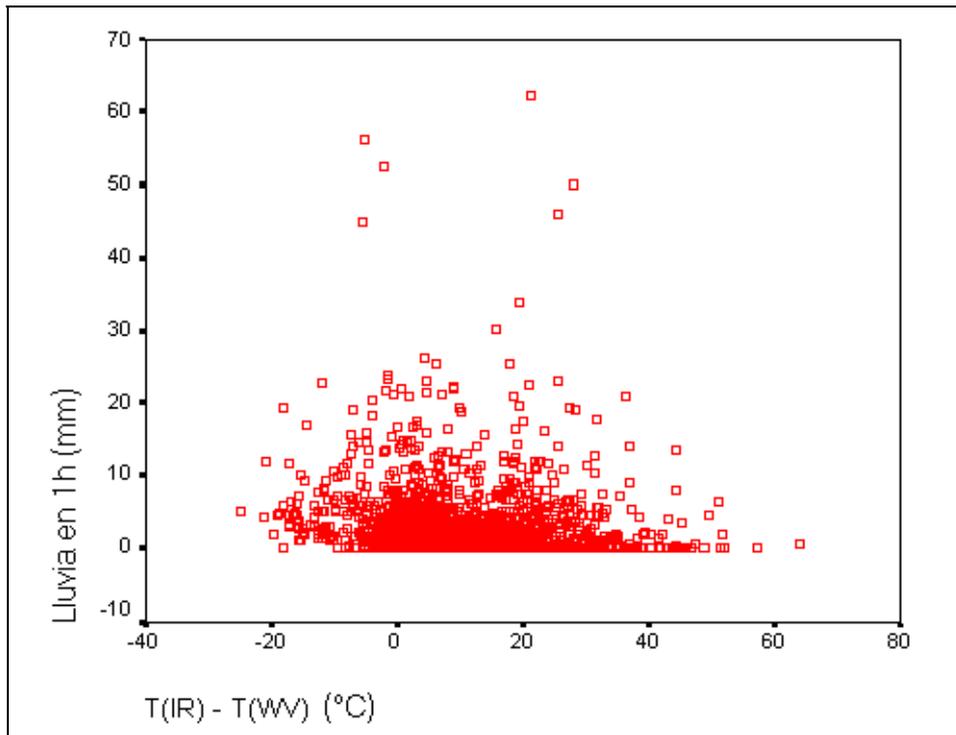
**Figura 6.18.-** Lluvia en 1h - T (WV) sobre el observatorio 1/2h antes de la lluvia.



**Figura 6.19.-** Lluvia en 1h - T (WV) sobre el observatorio durante la lluvia.

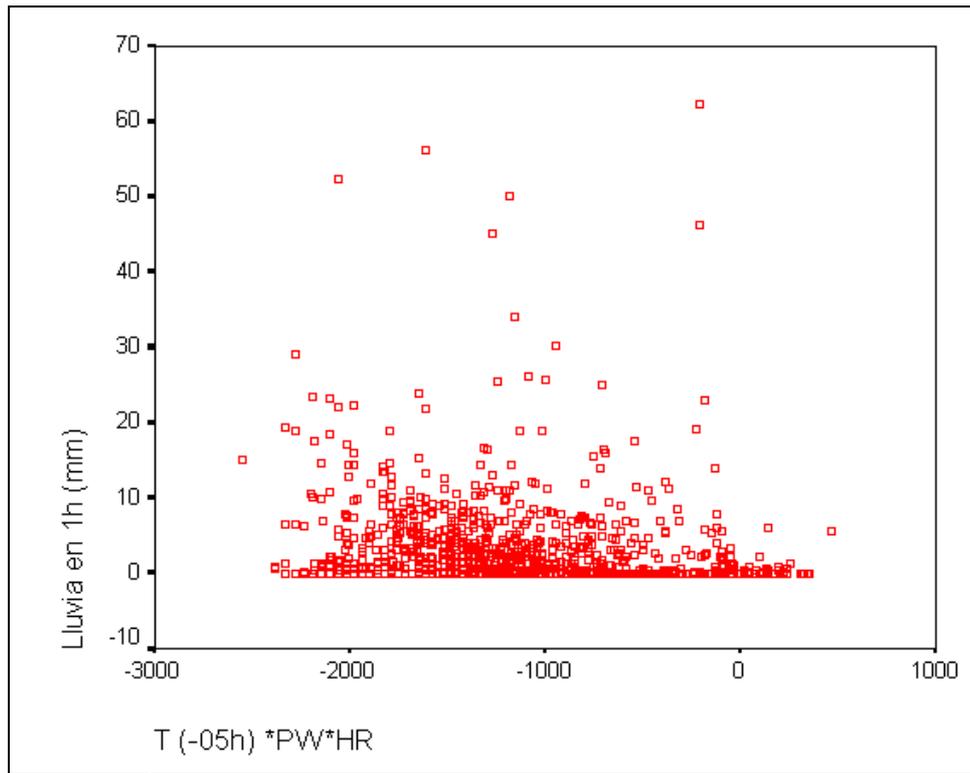


**Figura 6.20.-** Lluvia en 1h - [T (IR) - T (WV)] sobre el observatorio 1/2h antes de la lluvia.

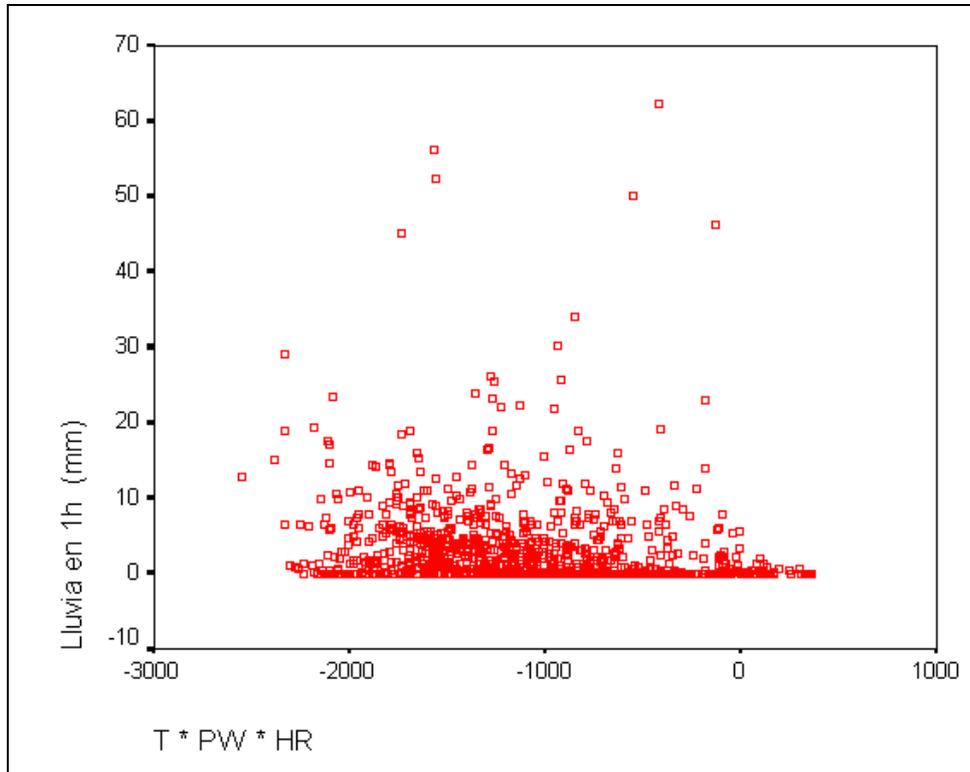


**Figura 6.21.-** Lluvia en 1h - [T (IR) - T (WV)] sobre el observatorio durante la lluvia.

La humedad relativa y la masa de agua precipitable son parámetros que se toman como correctores de la temperatura IR (Scofield, 1987a; Vicente et al.,1998). Las figuras 6.22 y 6.23 muestran los diagramas de dispersión de la lluvia caída en una hora y las temperaturas IR del observatorio media hora antes y durante la lluvia multiplicadas por la masa de agua precipitable y por la humedad relativa. Si se comparan con las figuras 6.8 y 6.10 correspondientes a los mismos parámetros sin multiplicar por la masa de agua precipitable y la humedad relativa, no se observa ninguna variación apreciable.



**Figura 6.22.-** Lluvia en 1h - T (IR) sobre el observatorio 1/2h antes de la lluvia \* Masa de agua precipitable \* Humedad relativa.



**Figura 6.23.-** Lluvia en 1h - T (IR) sobre el observatorio \* Masa de agua precipitable \* Humedad relativa.

De la observación de los diagramas de dispersión anteriores se pueden destacar como hechos observables significativos los siguientes:

- Se observa que las lluvias altas, a partir de 20mm/1h, aproximadamente, se producen con núcleos del sistema nuboso con temperaturas entre  $-40^{\circ}\text{C}$  y  $-75^{\circ}\text{C}$  y situados alrededor del observatorio media hora antes de la lluvia
- Valores de temperatura aparente en el canal IR inferiores a  $-40^{\circ}\text{C}$ , aproximadamente, pueden corresponder a píxeles de zonas con entrada en la estratosfera, como se verá más adelante, y, por lo tanto indicar sistemas con gran actividad convectiva.
- Las distancias en las que se encuentran los núcleos respecto del observatorio media hora antes de la lluvia están comprendidas entre 5 y 8 píxeles (entre 25km y 40km).